

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СТЕКЛА В СИСТЕМЕ «ПОЛОСА СДВИГА–ТРЕЩИНА»

А. А. Рюмцев, О. М. Остриков, Д. П. Шинкоренко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Цель работы заключалась в формировании методики определения и расчета напряжений в металлическом стекле в системе «полоса сдвига–трещина» при деформировании его поверхности сосредоточенной нагрузкой, а также при приложении к его поверхности распределенных сил.

Используя методику, приведенную в [1], можно представить, что нагружение производится сосредоточенной силой с нормальной составляющей P и касательной составляющей Q . Основываясь также на методике, описанной в [1], представим нагружение материала распределенными силами $p(y_0)$, $q(y_0)$ в соответствии с рис. 1.

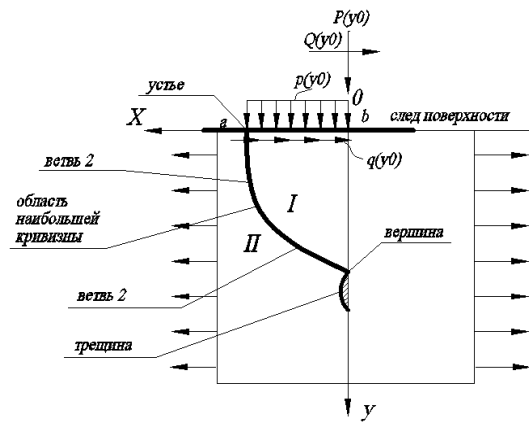


Рис. 1. Схематическое изображение системы «полоса сдвига–трещина» при расположении полосы сдвига у поверхности металлического стекла при действии на него распределенной ($p(y_0)$, $q(y_0)$) и сосредоточенной ($P(y_0)$, $Q(y_0)$) нагрузок

По методике, описанной в [1], определяем напряжения, вызванные в материале сосредоточенной силой $\sigma_{ij}^{(e)}(x, y)$: нормальной и касательной, ее составляющими, а в случае действия на материал распределенной нагрузки – напряжения, вызванные данным типом нагружения.

Дислокационную трещину будем моделировать как непрерывное распределение краевых дислокаций для трещины нормального отрыва (тип I, рис. 1) [2].

Для микротрещины нормального отрыва с модулем вектора Бюргерса $b_{кр}^{тр}$ каждой дислокации будет параллелен осям OX и OX_1 . Распределение напряжений находим с помощью соотношений (1)–(3):

$$\sigma_{xx}^{tp}(x, y) = \frac{\mu\sigma_{кр}^{tp}}{2\pi(1-\nu)} \int_0^{L_{tp}} \rho(\xi) \left[\frac{(x-B)[(x-B)^2 - ((y-\xi)-A)^2]}{[(y-\xi)-A]^2 + (x-B)^2} \right] d\xi; \quad (1)$$

$$\sigma_{yy}^{tp}(x, y) = \frac{\mu b_{кр}^{tp}}{2\pi(1-\nu)} \int_0^{L_{tp}} \rho(\xi) \left[\frac{(x-B)[(x-B)^2 - 3((y-\xi)-A)^2]}{[(y-\xi)-A]^2 + (x-B)^2} \right] d\xi; \quad (2)$$

$$\sigma_{xy}^{tp}(x, y) = \frac{\mu b_{кр}^{tp}}{2\pi(1-\nu)} \int_0^{L_{tp}} \rho(\xi) \left[\frac{(y-\xi)-A[(x-B)^2 - ((y-\xi)-A)^2]}{[(y-\xi)-A]^2 + (x-B)^2} \right] d\xi; \quad (3)$$

где L_{tp} – длина трещины; A и B – проекции на оси OX и OY , позволяющие регулировать положение трещины относительно вершины полосы сдвига; μ – модуль сдвига; ν – коэффициент Пуассона.

В виду того, что у криволинейной полосы сдвига, находящейся у поверхности аморфного материала, возникают напряжения и при отсутствии внешнего воздействия, то общая картина распределения полей напряжений в материале будет представлять собой сумму напряжений, вызванных отдельно приложением сосредоточенной силы или распределенной, а также напряжений $\sigma_{ij}^{(0)}(x, y)$, возникающих от самой полосы сдвига, методика нахождения которых описана в работах [3], [4], а общая картина полей напряжений в металлическом стекле в системе «полоса сдвига–трещина» будет являться суммой вышеописанных напряжений:

$$\sigma_{ij}(x, y) = \sigma_{ij}^{tp}(x, y) + \sigma_{ij}^{(0)}(x, y) + \sigma_{ij}^{(e)}(x, y). \quad (4)$$

В результате расчетов получили картины полей напряжений при деформировании материала распределенной нагрузкой: в первом случае – при $p(y_0) = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$; $q(y_0) = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$; втором – при $p(y_0) = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$; $q(y_0) = 100 \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ (рис. 2, а и б, соответственно), а также при действии сосредоточенной силы на поверхность материала: в первом случае – при $P = 100 \text{ Н}$; $Q = 0 \text{ Н}$; втором – при $P = 0 \text{ Н}$; $Q = 100 \text{ Н}$ (рис. 2, в и г, соответственно).

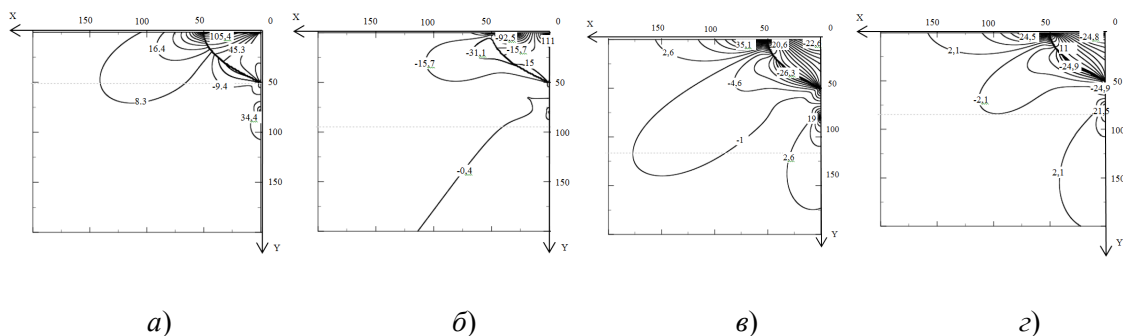


Рис. 2. Поля напряжений в металлическом стекле, вызванные нормальной составляющей распределенной силы (а), касательной составляющей (б); нормальной составляющей сосредоточенной силы (в), касательной ее составляющей (г)

Л и т е р а т у р а

1. Джонсон, К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон. – М. : Мир, 1989. – 510 с.
2. Астафьев, В. И. Нелинейная механика разрушения / В. И. Астафьев, Ю. Н. Радаев, Л. В. Степанова. – Самара : Изд-во «Самар. ун-т», 2001. – 562 с.
3. Верещагин, М. Н. Негомогенная пластическая деформация аморфных сплавов на основе железа : монография / М. Н. Верещагин, В. Г. Шепелевич, О. М. Остриков. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2004. – 134 с.
4. Рюмцев, А. А. Методика расчета полей напряжений у криволинейной полосы сдвига типа чешуйчатого навала, находящегося у поверхности металлического стекла / А. А. Рюмцев, О. М. Остриков // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. – 2015. – № 4 (94). – С. 39–46.